

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-308452

(43)Date of publication of application : 02.11.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/12  
H01S 5/323

(21)Application number : 2000-123837

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 25.04.2000

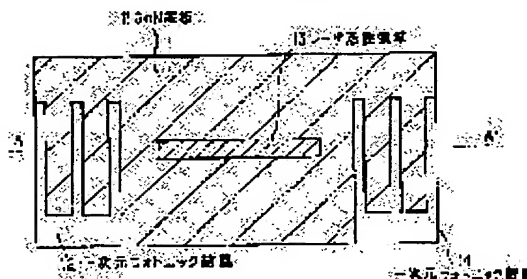
(72)Inventor : SAITO TADASHI  
KUMAGAI MASAMI  
ANDO HIROAKI  
KOBAYASHI NAOKI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device capable of increasing a laser edge face reflectivity even in a blue or ultraviolet ray area in which the refractivity of materials is small.

SOLUTION: In a semiconductor laser device having a laser active area and a cyclic structure in the direction of a laser oscillator, the cyclic structure of the semiconductor laser device is formed of air and a semiconductor so that the optical length of a unit cycle in the cyclic structure, that is, a value obtained by adding length  $d_a$  of the air part to the product of length  $d_s$  of the semiconductor part and effective refractivity  $n_{eff}$  of the waveguide of the semiconductor laser can be constituted of a value which is odd times of a value obtained by dividing oscillation wavelength by 2 as shown in a following formula (1);  $d_s n_{eff} + d_a = m \lambda / 2$ . In this case, AlXGa(1-X)N ( $0 \leq X \leq 1$ ) or InXGa(1-X)N ( $0 \leq X \leq 1$ ) is used for the semiconductor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-308452  
(P2001-308452A)

(43)公開日 平成13年11月2日(2001.11.2)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 1 S 5/12		H 0 1 S 5/12	5 F 0 7 3
5/323		5/323	

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-123837(P2000-123837)

(22)出願日 平成12年4月25日(2000.4.25)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 齊藤 正

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 熊谷 雅美

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

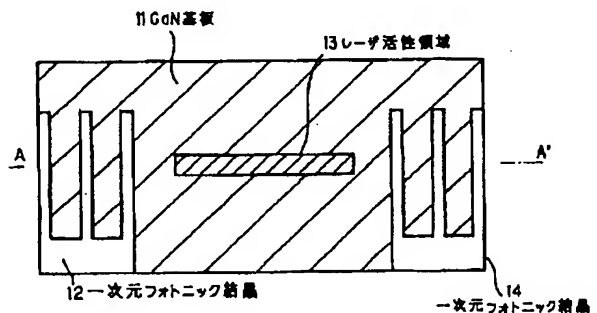
(57)【要約】

【課題】 材料の屈折率が小さい青色或いは紫外光領域でもレーザ端面反射率を大きくできる半導体レーザ装置を提供するものである。

【解決手段】 レーザ活性領域とレーザ共振器方向に周期的構造を有する半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ装置の周期構造が空気と半導体よりなり、下式(1)に示すように上記周期構造における単位周期の光学長すなわち半導体部分の長さ $d_s$ と当該半導体レーザの導波路の実効屈折率 $n_{eff}$ の積に空気部分の長さ $d_a$ を加えた値が発振波長を2で割った値の奇数倍によってなる周期構造であり、上記半導体として、 $Al_xGa_{(1-x)}N$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )若しくは $In_xGa_{(1-x)}N$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )を使用することを特徴とする。

$$d_s n_{eff} + d_a = m \lambda / 2 \quad \cdots (1)$$

但し、 $m$ は奇数、 $\lambda$ は波長である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ活性領域とレーザ共振器方向に周期的構造を有する半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ装置の周期構造が空気と半導体よりなり、上記周期構造における単位周期の光学長すなわち半導体部分の長さ $d_s$ と当該半導体レーザの導波路の実効屈折率の積に空気部分の長さ $d_a$ を加えた値が発振波長を 2 で割った値の奇数倍によってなる周期構造であり、上記半導体として、 $Al_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) 若しくは  $In_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) を使用することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 レーザ活性領域とそれを囲む 2 次元面内に周期的構造を有する半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ装置の周期構造が空気と半導体よりなり共振器領域の周囲に 2 次元的で面内において 4 回対称若しくは 6 回対称であり、上記周期構造における単位周期の光学長すなわち半導体部分の長さ $d_s$ と当該半導体レーザの導波路の実効屈折率の積に空気部分の長さ $d_a$ を加えた値が発振波長を 2 で割った値の奇数倍によってなる周期構造であり、上記半導体として、 $Al_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) 若しくは  $In_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) を使用することを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 青色若しくは紫外光領域で発振する半導体レーザは光ディスクの高密度化に必須である。これまでに青色若しくは紫外光領域で発振するレーザとして GaN 系の材料による半導体レーザが開発されてきた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、現在の光ディスクの光源として使用されている GaAs 系材料や光通信に使用されている InP 系材料の屈折率が 3.5 程度あるのに対し、GaN 系材料の屈折率は 2.8 程度と小さいため、劈開した端面をレーザ共振器ミラーとして用いる通常の半導体レーザ構造では端面の反射率が不十分であり、そのままでは発振閾値が大きくなってしまふという問題があった。

【0004】 この問題を解決するために、これまではレーザウェハの劈開後に電子ビーム蒸着などの方法で誘電体多層膜を形成して端面反射率を大きくするという方法が採られてきた。このような方法はモノリシックな作製プロセスではないために、作製費用がかかり低コスト化の障害となっている。本発明はこの問題点を解決するために、青色或いは紫外光領域材料として使用される窒化物半導体のように材料の屈折率が小さくてもレーザ端面反射率を大きくできる半導体レーザ装置を提供するものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 斯かる目的を達成する本発明の請求項 1 に係る半導体レーザ装置は、レーザ活性領域とレーザ共振器方向に周期的構造を有する半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ装置の周期構造が空気と半導体よりなり、下式 (1) に示すように上記周期構造における単位周期の光学長すなわち半導体部分の長さ $d_s$ と当該半導体レーザの導波路の実効屈折率 $n_{eff}$ の積に空気部分の長さ $d_a$ を加えた値が発振波長を 2 で割った値の奇数倍によってなる周期構造であり、上記半導体として、 $Al_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) 若しくは  $In_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) を使用することを特徴とする。

$$d_s n_{eff} + d_a = m \lambda / 2 \quad \cdots (1)$$

但し、 $m$  は奇数、 $\lambda$  は波長である。

【0006】 上記目的を達成する本発明の請求項 2 に係る半導体レーザ装置は、レーザ活性領域とそれを囲む 2 次元面内に周期的構造を有する半導体レーザ装置において、上記半導体レーザ装置の周期構造が空気と半導体よりなり共振器領域の周囲に 2 次元的で面内において 4 回対称若しくは 6 回対称であり、上式 (1) に示すように上記周期構造における単位周期の光学長すなわち半導体部分の長さ $d_s$ と当該半導体レーザの導波路の実効屈折率 $n_{eff}$ の積に空気部分の長さ $d_a$ を加えた値が発振波長を 2 で割った値の奇数倍によってなる周期構造であり、上記半導体として、 $Al_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) 若しくは  $In_xGa_{(1-x)}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) を使用することを特徴とする。

## 【0007】

【発明の実施の形態】 【実施例 1】 図 1、図 2 に本発明の第 1 の実施例を示す。n 型 GaN 基板 11 上に n 型にドーブした  $Al_xGa_{(1-x)}N$  クラッド層 22 を形成する。このクラッド層 22 の上に  $In_xGa_{(1-x)}N$  若しくは  $Al_xGa_{(1-x)}N$  よりなる活性層 23 を成長する。クラッド層 22 の厚さは、活性層 23 へ閉じ込められた光の裾が基板 11 まで達しないよう十分に厚くする必要があり、例えば、500 nm とする。

【0008】 活性層 23 は、 $In$  及び  $Al$  の組成  $x$  によって発振波長が制御できる。活性層 23 の厚さは、例えば、50 nm である。更に、この活性層 23 の上に p 型にドーブした  $Al_xGa_{(1-x)}N$  クラッド層 24 を形成する。この p クラッド層 24 も n クラッド層 22 と同様の厚さである。p クラッド層 24 の上面には p 電極 25 が形成され、n 型 GaN 基板 11 の下面には、n 電極 21 が形成されている。半導体レーザの効率を良くするためにはダブルヘテロ構造が適しており、このためにクラッド層 22、24 の  $Al$  組成  $x$  は活性層 23 の屈折率よりも小さく、バンドギャップは大きくする必要がある。

【0009】 本実施例では、活性領域 13 はリッジ構造として光が導波できるようにしてある。活性領域 13 の

幅は、例えば、 $1\mu\text{m}$ 程度である。本実施例では、活性領域13はリッジ型となっているが、活性層材料より屈折率の高い材料を用いて埋め込み構造とすることも有効である。更に、活性領域13の両出力端には周期的に溝を形成して、1次元フォトニック結晶12、14としてある。1次元フォトニック結晶12、14の上面には、屈折率制御電極26、27が形成されている。一般に屈折率差が大きく波長程度の周期を有する構造は、フォトニック結晶構造と称され、本実施例のように1方向に周期構造となっているものは1次元フォトニック結晶と称される。

【0010】本実施例では、半導体レーザの実効屈折率がおおよそ2.6であり、空気の屈折率1とは十分大きな差となっているのでフォトニック結晶構造になっている。1次元フォトニック結晶12、14では、周期構造を形成している半導体の光出力方向の幅 $d_s$ と空気の溝部分の幅 $d_a$ は、発振波長を $\lambda$ 、実効屈折率を $n_{\text{eff}}$ とすると、下式(2)(3)となる。

$$d_s = m\lambda / 4n_{\text{eff}} \quad \dots (2)$$

$$d_a = m\lambda / 4 \quad \dots (3)$$

ここに、 $m$ は奇数である。(2)(3)式から、下式が導かれる。

$$d_s n_{\text{eff}} + d_a = m\lambda / 2 \quad \dots (1)$$

【0011】本実施例では、 $m=1$ 、 $\lambda=400\text{nm}$ として設計し、 $d_s=38\text{nm}$ 、 $d_a=100\text{nm}$ としている。劈開若しくはエッチングなどにより端面を形成した場合のレーザ端面反射率 $R$ は、フレネルの式 $R = (n_{\text{eff}} - 1)^2 / (n_{\text{eff}} + 1)^2$ でおおよそその端面反射率を見積もることができる。本実施例では実効屈折率 $n_{\text{eff}}$ がおおよそ2.6であるので、単なる劈開端面の反射率は $R=19.8\%$ となる。

【0012】GaAs系やInP系の半導体レーザでは、劈開しただけでも端面反射率として30%以上が得られるのに対し、GaN系では20%程度しか得られないことがわかる。本実施例の場合について実効屈折率2.6を用いて平面波に対する反射率を計算した結果を図3及び図4に示す。図3は $m=1$ の場合、図4は $m=3$ の場合である。この計算では周期数(=半導体/空気ペア数)が1のときを符号31、41で示し、周期数が2のときを符号32、42で示し、周期数が3のときを符号33、43で示し、周期数が5のときを符号34、44で示した。設計波長は $400\text{nm}$ とした。

【0013】面図に示す通り、平面波に対する計算では100%近い端面反射率が得られることがわかる。 $m=1$ の方が広い波長範囲に渡って高反射率を得ることができるが、半導体部分の幅が $m=1$ では $38\text{nm}$ 、 $m=3$ では $115\text{nm}$ となるので、作製上は $m=3$ の方が容易である。実際には活性領域から出力されたレーザ光は回折によって広がるためフォトニック結晶領域で反射されて再び活性領域に結合するレーザ光はこの計算値よりは

少なくなる。

【0014】また、本実施例ではフォトニック結晶部分にも活性層と同じ材料が存在しているため、この部分では吸収損失が生じる。屈折率制御電極26及び27に順方向にバイアスすることによって、吸収損失を低減することができる。いずれにしても、本実施例のようなフォトニック結晶構造を用いたときの実効的な端面反射率は単なる劈開端面の反射率よりは十分大きくなるため、発振閾値の低減や、出力の増大が可能となる。

【0015】なお、本実施例では、基板として $n$ 型GaN基板11を用いているが、GaN系材料と比較的良好な格子整合が可能な $n$ 型SiCやサファイヤ基板を用いても良い。但し、サファイヤ基板を用いる場合には、基板からの電氣的接触を取ることができないので、上面の $n$ クラッド層22から電氣的接触を取る構造とすることがある。また、本実施例の活性層は $\text{In}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$ 若しくは $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$ のバルクを用いたが、これらの量子井戸構造を用いることはより有効である。

【0016】更に、本実施例では、クラッド層22、24としてバルクの $\text{AlGaIn}$ を用いたが、この部分を熊倉一英らによって特許出願(平成11年特許願第212195号)されているドーピングした超格子構造にすることによって良好な $p$ 型若しくは $n$ 型クラッド層を形成することは有効である。但し、この場合にも超格子によって形成されたクラッド層の平均屈折率は活性層の屈折率よりも小さくなるように設計する必要がある。

【0017】[実施例2] 図5、図6及び図7に本発明の第2の実施例を示す。 $n$ 型GaN基板51上に $n$ 型にドーピングした $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$ クラッド層64を形成する。このクラッド層64の上に $\text{In}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$ 若しくは $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$ よりなる活性層63を成長する。クラッド層64の厚さは、活性層63へ閉じ込められた光の裾が基板51まで達しないよう十分に厚くする必要があり、例えば、 $500\text{nm}$ とする。

【0018】活性層63は、 $\text{In}$ 及び $\text{Al}$ の組成 $x$ によって発振波長が制御できる。活性層63の厚さは、例えば、 $50\text{nm}$ である。更に、この活性層63の上に $p$ 型にドーピングした $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{N}$ クラッド層62を形成する。この $p$ クラッド層62も $n$ クラッド層64と同様の厚さである。ここで、実施例1と同様にクラッド層62、64の $\text{Al}$ 組成 $x$ は活性層63の屈折率よりも小さく、バンドギャップは大きくする必要がある。 $p$ クラッド層62の上面には $p$ 電極61が形成され、 $n$ 型GaN基板51の下面には、 $n$ 電極65が形成されている。

【0019】活性領域53の幅は、例えば、 $1\mu\text{m}$ 程度である。本実施例では活性領域53はリッジ型となっているが、活性層材料より屈折率の高い材料を用いて埋め込み構造とすることも有効である。活性領域53の周囲は、2次元的な周期構造として2次元フォトニック結晶52を形成してある。本実施例では、6回対称性を有す

る三角格子状の2次元フォトリック結晶構造としてあるが、4回対称性を有する正方格子状の2次元フォトリック結晶構造でも良い。

【0020】実施例1では1次元フォトリック構造のため、1軸方向での反射率を大きくできたが、本実施例のように2次元フォトリック結晶構造で活性領域53を囲むと、2次元面内の共振器としてのQ値が大きくなり、更に発振閾値の低減が可能である。レーザ光を取り出すには、取り出す方向に周期構造の揺らぎを形成して反射率を小さくすればよい。また、本実施例では、上下方向の閉じ込めはクラッド層62、64によって行っているだけであるが、この方向についても周期構造を導入した3次元フォトリック結晶構造とすることも可能である。

【0021】3次元フォトリック結晶構造にすると、光子を3次元的に完全に閉じ込めることができるので、共振器内の光子寿命を更に長くすることが可能となり、より低発振閾値の半導体レーザを実現することができる。なお、本実施例では、基板としてn型Ga<sub>0.99</sub>N基板を用いているが、Ga<sub>0.99</sub>N系材料と比較的良好な格子整合が可能でn型SiCやサファイヤ基板を用いても良いことは第1の実施例と同様である。

【0022】但し、サファイヤ基板を用いる場合には、基板からの電氣的接触を取ることができないので、上面の64の部分から電氣的接触を取る構造とする必要がある。また、本実施例の活性層はIn<sub>x</sub>Ga<sub>(1-x)</sub>N若しくはAl<sub>x</sub>Ga<sub>(1-x)</sub>Nのバルクを用いたが、これらの量子井戸構造を用いることも同様に可能である。

【0023】更に、本実施例では、クラッド層としてバルクのAlGa<sub>0.99</sub>Nを用いたが、この部分を熊倉一英らによって特許出願(平成11年特許願第212195号)されているドーピングした超格子構造にすることによって良好なp型若しくはn型クラッド層を用いることができる。但し、この場合にも超格子によって形成されたクラッド層の平均屈折率は活性層の屈折率よりも小さくなるように設計する必要がある。

【0024】〔実施例3〕上述した実施例1、2では、上式(2)(3)を満足する結果、上式(1)を満足するが、本発明は、これに限るものではなく、本実施例では、結果的に上式(1)を満足する場合にも適用される。本実施例では、上式(2)(3)を満足するものではないため、その効果は、上記実施例1、2に比較して

制限される。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば青色若しくは紫外光領域においても端面の実効的反射率を大きくすることにより、共振器のQ値を大きくすることが可能である。したがって、発振閾値が小さく効率の良い半導体レーザが得られるため、高密度な光ディスクシステムの実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に関し、半導体レーザに1次元フォトリック結晶構造を組み込んだ構造の平面図である。

【図2】図1のA-A'線断面図である。

【図3】m=1の場合の平面波に対する反射率の計算結果を示すグラフである。

【図4】m=3の場合の平面波に対する反射率の計算結果を示すグラフである。

【図5】本発明の第2の実施例に関し、半導体レーザに2次元フォトリック結晶構造を組み込んだ構造の平面図である。

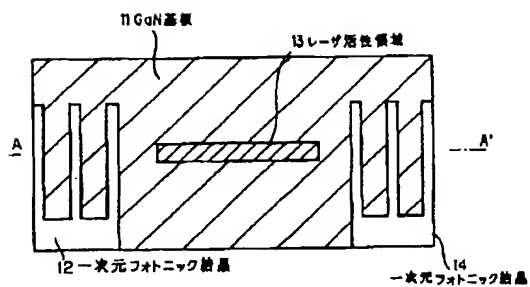
【図6】図5のA-A'線断面図である。

【図7】図5のB-B'線断面図である。

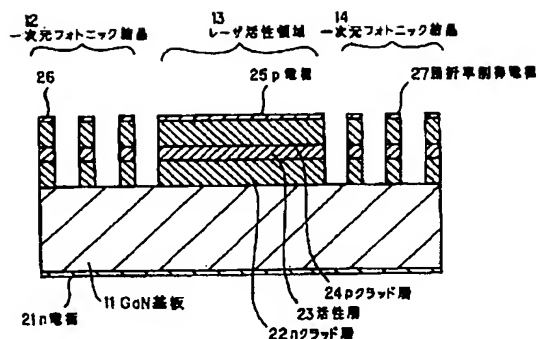
【符号の説明】

- 11, 51 Ga<sub>0.99</sub>N基板
- 23, 63 活性層
- 22, 64 n型クラッド層
- 24, 62 p型クラッド層
- 12, 14 1次元フォトリック結晶
- 52 2次元フォトリック結晶
- 13, 53 レーザ活性領域
- 21, 65 n電極
- 25, 61 p電極
- 26, 27 屈折率制御電極
- 31 m=1、半導体/空気ペア数が1の場合の反射率
- 32 m=1、半導体/空気ペア数が2の場合の反射率
- 33 m=1、半導体/空気ペア数が3の場合の反射率
- 34 m=1、半導体/空気ペア数が5の場合の反射率
- 41 m=3、半導体/空気ペア数が1の場合の反射率
- 42 m=3、半導体/空気ペア数が2の場合の反射率
- 43 m=3、半導体/空気ペア数が3の場合の反射率
- 44 m=3、半導体/空気ペア数が5の場合の反射率

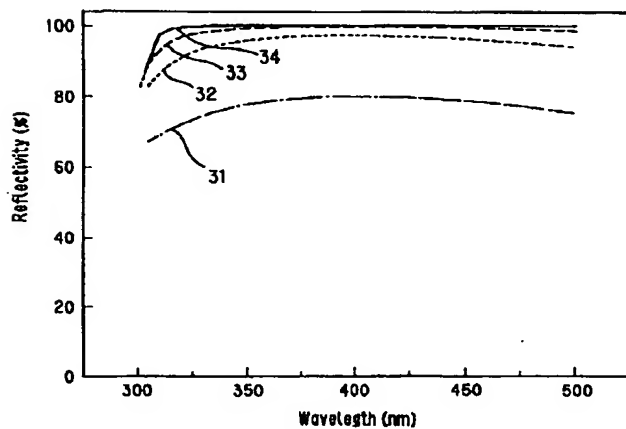
【図1】



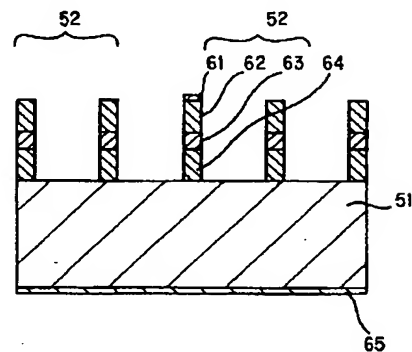
【図2】



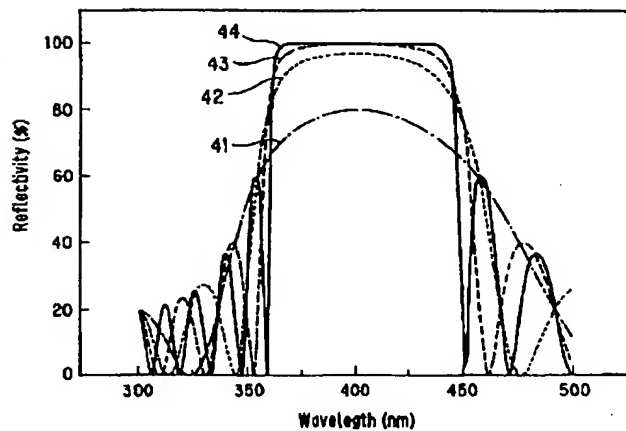
【図3】



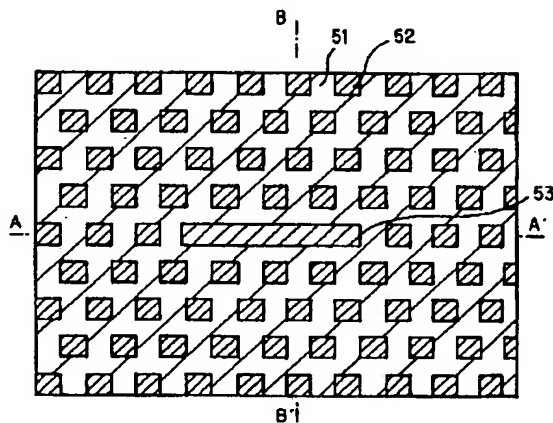
【図7】



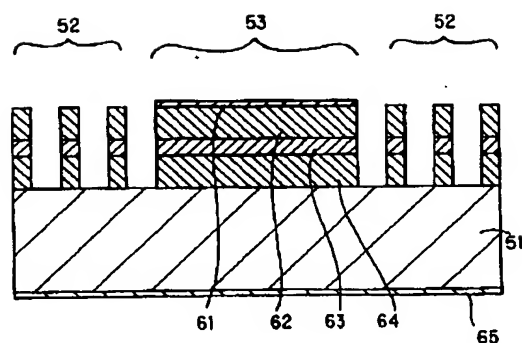
【図4】



【図5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 安藤 弘明  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 小林 直樹  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内  
F ターム(参考) 5F073 AA62 AA74 BA06 CA07 CB02  
CB05 DA31 EA05